

Nederlandse organisatie
voor toegepast
natuurwetenschappelijk
onderzoek



TNO-rapport

rapport no.
FEL-91-A080

exemplaar no.

2

titel

Projectiel fotografie

Fysisch en Elektronisch
Laboratorium TNO

Postbus 96864
2509 JG 's-Gravenhage
Oude Waalsdorperweg 63
's-Gravenhage

Telefax 070 - 328 09 61
Telefoon 070 - 326 42 21

10-1-W-P-2

AD-A256 492



Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
vooraafgaande toestemming van TNO.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten TNO', dan wel de betreffende
terzake tussen partijen gesloten
overeenkomst.

© TNO

auteur(s):

J. van der Haven

datum :

december 1991

I.O.C.N.
Frederikstraat
Gebouw 140
Postbus 90701
2509 LS 's-Gravenhage

DTIC
ELECTED
OCT 29 1992
S E D

rubricering

titel	: ongerubriceerd
samenvatting	: ongerubriceerd
rapporttekst	: ongerubriceerd
bijlage A	: ongerubriceerd

oplage	: 21
aantal bladzijden	: 27 (incl. bijlage excl. RDP & distributielijst)
aantal bijlagen	: 1

DISTRIBUTION STATEMENT
Approved for public release
Distribution Unlimited

92-28389





rapport no. : FEL-91-A080
 titel : Projectiel fotografie
 auteur(s) : J. van der Haven
 instituut : Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO
 datum : december 1991
 hdo-opdr.no. : A86KL100
 no. in lwp '91 : 713.4
 Onderzoek uitgevoerd o.l.v. : Ir. A.W.M. van der Voort
 Onderzoek uitgevoerd door : J. van der Haven

Accesion For	
NTIS	CRA&I
DTIC	TAB
Unannounced	
Justification _____	
By _____	
Distribution / _____	
Availability Codes	
Dist	Avail and / or Special
A-1	

SAMENVATTING (ONGERUBRICEERD)

In dit rapport worden de resultaten beschreven van een onderzoek naar de mogelijkheid om van projectielen in de vlucht van alle zijden een opname te maken en deze opnamen vast te leggen zodat op een later tijdstip een visuele controle kan worden uitgevoerd op eventuele beschadigingen van het projectiel.

Hierbij zijn onder meer diverse registratiemiddelen op hun bruikbaarheid voor dit doel onderzocht.

report no. : FEL-91-A080
title : Projectile photography

author(s) : J. van der Haven
institute : TNO Physics and Electronics Laboratory

date : December 1991
NDRO no. : A86KL100
no. in pow '91 : 713.4

Research supervised by: Ir. A.V.M. van der Voort
Research carried out by: J. van der Haven

ABSTRACT (UNCLASSIFIED)

In this report the results has been described of an investment onto the possibility to make pictures of all sides of projectiles in flight and to store these pictures so that at a later time a visual control can be made to find possible damages on the projectile.

There are some different recording equipments checked out on there usability to this purpose.

SAMENVATTING	2
ABSTRACT	3
INHOUDSOPGAVE	4
1 PROJECTIEL FOTOGRAFIE	5
2 DE OPBOUW VAN EEN TV SYSTEEM	7
2.1 De triggerpoort	8
2.2 De flitser	8
2.3 De TV-camera	8
3 WERKING VAN DIVERSE CAMERA SYSTEMEN	9
3.1 Charge Coupled Device camera	9
3.2 Frame Transfer camera	10
3.3 CCD camera metbeeldversterker	11
3.4 CCD camera metbeeldversterker en conische fiber	11
3.5 De diverse camerasystemen	12
4 DE COMPUTER MET FRAMEGRABBER	14
5 TESTEN MET CONISCHE FIBER- EN FRAME TRANSFER CAMERA SYSTEMEN	15
6 DIVERSE PRAKTIJKPROEVEN	17
7 CONCLUSIE	20
BILAGE A: DIVERSE TEKENINGEN EN FOTO'S	

1 PROJECTIEL FOTOGRAFIE

In opdracht van de Commissie van Proefneming van de Koninklijke Landmacht is in het kader van opdracht A86/KL/100 onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om een projectiel in de vlucht aan alle kanten te fotograferen.

Om van een projectiel rondom-opnamen te maken zodat het gehele oppervlak zichtbaar is, kan worden volstaan met het maken van drie opnamen m.b.v. drie camera's.

Met elk van de drie camera's wordt een opname gemaakt van telkens een ander deel van de totale oppervlakte.

In de praktijk kan dit op twee verschillende manieren als volgt gedaan worden.

- a: Een drietal camera's opstellen in een cirkelvormig vlak loodrecht op de projectielbaan.
- b: Door gebruik te maken van de rotatie van het projectiel tijdens de vlucht.

Hierbij zijn de drie camera's langs de projectielbaan opgesteld op zodanige afstand van elkaar dat van het projectiel, telkens als deze 120° om zijn as is gedraaid, een opname van een derde deel van de totale oppervlakte gemaakt wordt.

Wanneer gegeven is dat een projectiel één maal om zijn as is gedraaid als deze een afstand heeft afgelegd van 20 kalibers.

Dan betekent dit dat de afstanden tussen de camera's b. v. bij een projectiel met een kaliber van 105 mm, $n \times (20 \times 105) / 3 = n \times 680$ mm moeten zijn, waarbij $n = 1; 2; 3; \dots$ enz.

Bij kleinere kalibers kan de geringe onderlinge afstand tussen de camera's op praktische bezwaren stuiten, deswege is n ingevoerd.

Uit de schetsen in fig. 1 en 2 wordt een en ander duidelijk.

Elke manier heeft zijn eigen voor- en nadelen die in een volgend hoofdstuk aan de orde zullen komen.

Eerst zullen nog twee mogelijkheden gegeven worden om beelden op te nemen en vast te leggen.

- a: Er kan gewerkt worden met de normale fotografische techniek m.b.v. foto camera's waarbij een negatief ontstaat waar dan weer een afdruk van gemaakt moet worden.
- b: Er kan ook gewerkt worden met TV systemen waarbij de opgenomen beeldinformatie gedigitaliseerd wordt en opgeslagen in een computergeheugen en evt. op een floppy disk.

Het gebruik van de normale fotografie is voldoende bekend, omdat deze techniek bij de krijgsmacht reeds lang in gebruik is.

Een nadeel van deze techniek is het grote verbruik van fotografische materialen, doordat voorafgaand aan een goede opname een aantal proefopnamen moet worden gemaakt.

Een tweede nadeel is dat het eindproduct, de foto dus, erg definitief is waar moeilijk kwaliteitsverbetering in aangebracht kan worden.

Een voordeel van de normale fotografie is echter het groot oplossend vermogen.

Bij gebruik van TV systemen en een computer kunnen zoveel als nodig proefopnamen worden gemaakt zonder materiaalverlies.

De opnamen zijn in het computergeheugen opgeslagen waardoor het uitvoeren van bewerkingen op het beeld erg eenvoudig wordt.

Gezien de voordelen van besparing en de mogelijkheid om de opnamen te bewerken zullen in dit rapport alleen de opnametechnieken met TV systemen worden behandeld.

2

DE OPBOUW VAN EEN TV SYSTEEM

Voor een volledig TV systeem zijn een aantal hulpmiddelen nodig die hieronder zijn aangegeven.

- a. TV camera met CCD (Charge coupled device = halfgeleider beelddetector) of een ander type.
- b. Flitser.
- c. Lichtflitsopnemer.
- d. Triggerpoort.
- e. Computer met minimaal twee floppy disks en één of meerdere frame grabber kaarten.
- f. TV monitor.

Met de TV camera worden de opnamen gemaakt.

De flitser geeft gedurende $1 \mu\text{s}$ een zeer krachtige lichtflits.

Met de lichtflitsopnemer wordt de lichtflits gedetecteerd en wordt een impuls afgegeven aan de registratieapparatuur.

Om op het juiste ogenblik een opname te kunnen maken is de triggerpoort nodig die een triggerimpuls afgeeft op het ogenblik dat het projectiel zich in het beeldveld van de camera bevindt.

De Frame grabber kaart in de computer digitaliseert de door de camera gemaakte opname en slaat deze op in het computergeheugen.

Met de TV monitor die op de computer is aangesloten kan de gedigitaliseerde opname worden bekeken.

Wanneer met drie camera's in een vlak loodrecht op de projectielbaan wordt gewerkt, moeten in de computer drie framegrabbers ondergebracht worden.

Er kunnen dan op hetzelfde tijdstip drie opnamen van drie verschillende zijden van het projectiel gemaakt worden.

Hierbij moeten de drie camera's synchroon lopen.

Met drie camera's op verschillende afstanden langs de projectielbaan zijn er drie triggerpoorten nodig, drie camera's, een computer met drie frame grabbers en een monitor.

In dit geval behoeven de camera's niet synchroon te lopen.

Er zijn lange kabels nodig voor het vervoer van zowel de videobeelden als de trigger signalen.

Dit houdt in dat die signalen apart gebufferd moeten worden om kabelverliezen tegen te gaan.

2.1 De triggerpoort

Een triggerpoort bestaat uit een fotogevoelige cel met de benodigde electronica om een elektrische impuls te genereren op het ogenblik dat een voorwerp zich snel door het detectieveld van de fotocel beweegt.

De fotocel is achter een mechanische spleet gemonteerd. Voor de mechanische spleet is een lens geplaatst die scherp is gesteld op een hoogte van 4 m.

De lens heeft een openingshoek van 30°.

Zo is een waaiervormig detectieveld ontstaan met op een hoogte van 4 m een lengte van 2.14 m en een breedte van 1.15 cm.

Dringt een voorwerp op een vlak van dit detectieveld binnen dan zal de schakeling achter de fotocel een elektrische impuls afgeven.

2.2 De flitser

Om een scherpe opname te verkrijgen van een snelbewegend voorwerp, moet de opnametijd kort zijn.

Wanneer een projectiel met een snelheid van 1000 m/s wordt gefotografeerd, is een opnameduur van 1 μ s voldoende.

In die tijd verplaatst het projectiel zich 1 mm en dit levert een voldoend scherpe opname op.

De flitser is zodanig opgebouwd dat de flitsduur 1 μ s bedraagt.

De energieinhoud van de lichtflits is 34 J.

De lichtbron is in het brandpunt van een parabolische reflector geplaatst.

2.3 De TV-camera

Er zijn diverse soorten camera's in de handel met voor iedere soort specifieke eigenschappen.

Voor deze toepassing is gekozen voor de CCD (Charge Coupled Device) camera vanwege de volgende eigenschappen.

- a Kleine afmetingen.
- b Mogelijkheid tot het inbouwen van een elektronische sluiter.
- c De CCD chip in de camera heeft de mogelijkheid in zich om als tijdelijk beeldgeheugen te fungeren.

3**WERKING VAN DIVERSE CAMERA SYSTEMEN**

Er zijn diverse camera systemen in de handel die voor deze toepassing bruikbaar zijn t.w.

- a. Charge Coupled Device camera.
- b. Frame Transfer camera.
- c. CCD camera metbeeldversterker.
- d. CCD camera metbeeldversterker en conische fiber.

In het volgende worden de genoemde systemen besproken.

3.1 Charge Coupled Device camera

De CCD camera is opgebouwd rond de CCD chip.

Deze chip bestaat uit een array van ca. 500 x 500 fotodioden.

Naast elke horizontale lijn van 500 fotodioden is een analoog schuifregister met ook weer 500 cellen geplaatst.

De uitgangen van deze schuifregisters komen uit op de cellen van een verticaal schuifregister met 500 cellen.

Na een z.g. integratietijd waarbij de array van fotodioden belicht wordt en elke fotodiode een ladinkje evenredig met de ontvangen lichthoeveelheid krijgt, worden d.m.v. een impuls deze ladinkjes in de cellen van het naastliggende schuifregister gezet.

De inhoud van de cellen van het schuifregister wordt hierna in het z.g. verticale schuifregister geschoven.

Aan het eind van dat verticale schuifregister is een sample and hold circuit opgenomen waar de videoinformatie wordt afgenoem.

Om de interlineering te realiseren wordt na een belichtingstijd van 40 ms waarbij beide beeldhelften worden belicht, eerst het even beeldveld, dus de lijnen 0; 2; 4 enz. in het verticale schuifregister geklokt.

Daarna wordt het oneven beeldveld, dus de lijnen 1; 3; 5 enz. in het verticale schuifregister geklokt.

Hierna worden nog synchronisatieimpulsen toegevoegd en is een composite video signaal ontstaan.

Door op het moment van de flits het uitlezen van de CCD chip stil te zetten en pas bij de eerstvolgende beeldsynchronisatieimpuls het uitlezen opnieuw te starten, ontstaat een enkel videobeeld dat normaal verwerkt kan worden.

Een nadeel van deze methode is dat de opname in het donker moet worden gemaakt omdat de opname elementen van CCD chip, als de flits is geweest verder vollopen door het omgevingslicht doordat gewacht moet worden op de eerstvolgende beeldsynchronisatieimpuls.

Het voordeel van deze methode is dat de interlineering intact blijft en er een volledig beeld ontstaat.

Dit in tegenstelling tot de hierna beschreven methode.

3.2 Frame Transfer camera

Men kan zich in een chip volgens het principe van frame transfer een horizontale lijn opgebouwd denken uit een serie van ca. 500 parallelle paren fotodiodes waarbij één helft is afgedekt.

Elke cel van een schuifregister bestaat o.m. uit twee fotodiodes waarvan er één geen licht kan ontvangen.

Zolang geen integratieimpuls wordt toegevoerd wordt het schuifregister zodanig geklokt dat de lading t.g.v. het opvallend licht wordt afgevoerd.

Zodra echter de integratieimpuls verschijnt wordt het klokken gestopt en de ladingsopbouw per fotodiode begint. Het begin van de z.g. integratietijd.

Wanneer de integratieimpuls voorbij is, worden van alle belichte fotodiodes de ladingen van dat moment naar de niet belichte bijbehorende cellen gebracht.

De ladingen worden hier bewaard tot de eerstvolgende beeld-synchronisatieimpuls en worden daarna weer zodanig door de schuifregister geschoven, dat een normaal videosignaal ontstaat.

Een nadeel van deze methode is, dat er maar één halfbeeld ontstaat.

Een voordeel is echter dat de integratietijd gekozen kan worden.

Deze integratietijd kan liggen op elke waarde groter dan 100 μ s.

Om geen flikkerend beeld aan deze opnamen over te houden moet, afhankelijk van het moment binnent het TV frame waarop de opname is gemaakt, in het computergeheugen de even beeldhelft in de oneven beeldhelft, of de oneven beeldhelft in de even beeldhelft gekopieerd worden.

Dit gebeurt achteraf m.b.v. een computerprogramma.

Met dit programma wordt de gemiddelde helderheid van elke beeldhelft vergeleken met dat van de bijbehorende beeldhelft.

Op basis van deze vergelijking beslist het programma hoe de beeldhelften gekopieerd moeten worden.

De uiteindelijke resolutie in verticale zin is door het kopieren met de helft afgenoem.

3.3 CCD camera met beeldversterker

Een andere benadering van het probleem van de overbelichting door de achtergrond is het gebruik van een z.g. 'light intensifier'.

Dit is een beeldversterker die als elektronische sluiter kan werken met sluitertijden die in dezelfde orde van grootte liggen als de flitsduur.

Zo'n beeldversterker is opgebouwd uit een groot aantal glazen pijpjes met aan de ene kant een optisch opnamevlak bestaande uit fotonen detectie materiaal en aan de andere zijde een fosforscherm.

Op het binnennoppervlak van de pijpjes is emissie materiaal aangebracht.

Over de pijpjes is een spanning aangelegd van ca. 1800 V.

Wordt tussen het fotonen detectie materiaal en de glazen pijpjes kortstondig een spanningsimpuls van ca. 200 volt aangelegd, dan zullen de electronen die door invallende fotonen op het optisch oppervlak van het fotonen detectie materiaal worden losgemaakt, door het potentiaalverschil in de glazen pijpjes getrokken worden.

Door de hoge spanning die over die pijpjes staat krijgen die electronen een grote versnelling en zullen tot 50.000 meer electronen uit de emissielag losgeslagen worden.

Deze electronen komen op het fosforscherm terecht en laten daarop een versterkt optisch beeld achter.

Het op het fosforscherm achtergelaten beeld wordt met een CCD camera van het type met vaste integratietijd omgezet in een videobeeld.

De spanning tussen de uiteinden van de glazen pijpjes en het fosforscherm bedraagt ca. 6000 V.

De diameter van de glazen pijpjes is 15 µm.

De diameter van het optisch oppervlak is 18 mm.

Een nadeel is hier dat twee rasters op elkaar worden gelegd t.w. het raster van de beeldversterker en het raster van de CCD camera.

Hierdoor ontstaan 'Moiré' effecten en neemt de beeldscherpte af.

3.4 CCD camera met beeldversterker en conische fiber

Om de beelddefinitie te verbeteren kan voor de volgende oplossing gekozen worden.

Door een beeldversterker te kiezen met een groot oppervlak (groot aantal kanaaltjes) en tussen de CCD chip en de beeldversterker een conische glasfiber met aan het ene einde een grote diameter en aan het andere einde een kleine diameter wordt de invloed van het beeldversterkerraster drastisch verminderd.

De conische fiber bestaat uit ca. 300.000 glasfiber lichtgeleiders.

Dit aantal is aan beide zijden gelijk zodat de beeldinformatie van het grote oppervlak naar het kleine oppervlak gebracht wordt zonder verlies aan detail.

In de proefopstelling was de oppervlakte van de CCD chip ca. 0.8 vierkante cm, de diameters van de conische fiber 40 mm en 15 mm.

Dit gaf een aanzienlijke verbetering in het oplossend vermogen. (fig 5 en 6)

fig. 5 zonder conische fiber en fig. 6 met conische fiber.

3.5 De diverse camerasyystemen

De diverse camerasyystemen met hun voor- en nadelen worden hierna nogmaals kort genoemd.

A: CCD camera met vaste integratietijd van 20ms.

- voordeel: - goedkoop.
- kleine afmetingen
- goede beelddefinitie.

nadeel : - er moet in een donkere omgeving gewerkt worden.

B: Frame transfer camera met instelbare integratietijd.

- voordeel: - goedkoop.
- er kunnen opnamen gemaakt worden met veel meer omgevingslicht.
- eenvoudige opstelling door kleine afmetingen

nadeel : - uitsluitend halfbeelden en daardoor iets minder goede verticale beelddefinitie.
- de camera is tot op dit moment moeilijk te verkrijgen.

C: CCD camera met beeldversterker.

- voordeel: - zeer korte sluitertijden door het gebruik van een beeldversterker.
- minder krachtige flits noodzakelijk door beeldversterker.

nadeel : - tamelijk kostbaar door beeldversterker.
- slecht oplossend vermogen en 'Moiré' effecten.
- minder eenvoudige opstelling door de grotere afmetingen.

D: CCD camera met beeldversterker en conische fiber.

- voordeel:
- korte sluitertijden en redelijke beeldkwaliteit.
 - volledige beelden en beter oplossend vermogen dan de camera die onder C is genoemd.
 - minder krachtige flits nodig door de beeldversterking.

- nadeel :
- kostbare oplossing.
 - moeilijke opstelling door de forse afmetingen van camera en toebehoren.
 - In mindere mate 'Moiré' effecten.

Voor alle gevallen geldt dat de camera moet worden gemodificeerd i.v.m. het stilzetten van de aftasting van de beeldelementen in de camera en het triggeren van de computer als een beeld moet worden gedigitaliseerd en vastgelegd.

4

DE COMPUTER MET FRAMEGRABBER

De 'framegrabber' kaart die in de proefopstellingen werd gebruikt is van het merk PCVISION.

Dit is een uitbreidingskaart die past in een uitbreidings-slot van personel computers die draaien onder MS DOS.

De computer moet van het AT type zijn met een klokfrequentie van 12 Mhz.

De videobeelden worden met een klokfrequentie van 10 Mhz gedigitaliseerd.

Er is voldoende geheugenruimte op de kaart om twee videobeelden tegelijk opgeslagen te houden. Op een kaart kunnen twee videocamera's worden aangesloten die men via computerbesturing kan 'scannen'.

De beelden van beide camera's kunnen echter niet ieder in een eigen deel van het geheugen worden opgeslagen.

De 'framegrabber' is met de computer softwarematig te bedienen via het programma TIM van DIFA MEASURING SYSTEMS.

Dit programma draait onder MS DOS en kent vele routines om allerlei bewerkingen op de beelden uit te voeren.

O.m. kunnen kleuren worden toegekend aan door de gebruiker aan te wijzen grijswaarden.

Ook het contrast kan worden verbeterd en is het mogelijk om delen van de opname uit te vergroten.

Er zijn de benodigde software modules geschreven in de programmeertaal 'C' om in samenwerking met het TIM programma opnamen met de verschillende camera's te kunnen maken en halfbeelden te kopieeren.

5

TESTEN MET CONISCHE FIBER- EN FRAME TRANSFER CAMERA
SYSTEMEN

Na proeven met de camera's met vaste integratietijd in een verduisterde tent werd een conische fiber aangeschaft en een camera van FAIRCHILD.

De conische fiber heeft diameters aan de uiteinden van resp. 40 mm en 15 mm.

De camera heeft op de CCD chip een z.g. fiberstud waar de conische fiber met de 15 mm zijde tegenaan gezet kan worden.

Verder is de werking van de camera gelijk aan die van het type FAIRCHILD 3000 maar dan met een rasterfrequentie van 50 Hz.

Tegen de 40 mm zijde van de conische fiber is een 'light intensifier' van 40 mm geplaatst die dienst doet als electronische sluiter met een sluitertijd van iets meer dan 1 μ s.

De sluitertijd is zodanig gekozen dat de flits er precies binnen valt.

Met deze samenstelling is een opname gemaakt van de foto van een testbeeld onder de volgende condities. (fig 6)

Afstand voorwerp - camera : 1 m.

Afstand voorwerp - flitser : 1 m.

Objectief : Soligor zoomlens (80 - 200 mm).

Lichtsterkte : 1 : 4.5.

Diafragma : 22.

Tegelijkertijd is een camera in gebruik genomen van EEV PHOTON, type P46580.

Deze camera is van het frame transfer type met instelbare integratietijd.

De integratietijd is instelbaar van 100 μ s tot elke waarde daarboven.

De camera kan in verschillende modes gebruikt worden t.w.

1. normale mode, d.w.z. continu opnemen met een integratietijd van 20 ms.
2. 1 ms mode waarbij de integratietijd 1 ms is en de camera continu opneemt.
3. Asynchrone mode.

Dit is het opnemen van een beeld op commando van een triggerimpuls waarbij de duur van de impuls de integratietijd bepaalt.

Het aantal beeldpunten van de FRAME TRANSFER chip bedraagt:

In de normale- en 1 ms mode hor. 578 en vert. 576.

In de asynchrone mode hor. 578 en vert. 288.

Ook met deze camera is een opname van de foto van een testbeeld gemaakt onder dezelfde condities. (fig. 7)

De gebruikte lens was een CANON TV zoomlens met variabele brandpuntsafstand van 10 tot 108 mm. en een lichtsterkte van 1 : 2.5.

Diafragma-instelling was 5.6.

Met beide laatstgenoemde camerasyystemen zou het mogelijk zijn om opnamen bij daglicht te maken met gebruikmaking van een flitser waarbij minder hinder ondervonden wordt van overbelichting door het daglicht.

6 DIVERSE PRAKTIJKPROEVEN

Hieronder volgt een opsomming van de verschillende camera's die bij de diverse systemen gebruikt zijn tijdens diverse proeven.

De allereerste proeven zijn genomen in 1983 met een CCD camera van GENERAL ELECTRIC type CID TN 2500.

Het aantal beeldpunten is : Horizontaal: 248

Verticaal : 244

Op de CCD chip is een beeldversterker gelijmd zodat CCD chip en beeldversterker één geheel vormen.

Hiervoor werd een apart beeldgeheugen gebouwd en er werd met een computer gewerkt van het merk NOVA.

Met deze samenstelling zijn proeven genomen.

In fig. 3 is een afdruk van de opname van een 155 mm projectiel met een projectielsnelheid van ca. 700 m/s weergegeven.

Als vervolg op deze proeven is in 1986 verder gegaan met een camera van FAIRCHILD model 3000 met een rasterfrequentie van 60 Hz. en vaste integratietijd van 16 ms.

De hierin gebruikte CCD chip is van FAIRCHILD, type CCD 222.

Het aantal beeldpunten van de CCD chip bedraagt:

horizontaal : 488

verticaal : 380

Er werd een 'framegrabber' van PCVISION en een computer van het type IBM AT in gebruik genomen.

Op de computer draaide het programma TIM.

Met deze opstelling zijn een aantal opnamen gemaakt op het Noordzeestrand bij Petten op 18 november 1987.

Daar werd 105 mm munitie verschoten waarbij de beginsnelheid van de projectielen ca. 500 m/s was.

Er werd door een tent heen geschoten met afmetingen van 2.5 x 2.5 x 2.5 m.

In deze tent stond de apparatuur opgesteld.

Het triggeren van de computer was nog niet optimaal zodat er veel halfbeelden werden vastgelegd.

De triggerfaciliteiten zijn toen verbeterd en op 19 januari 1988 zijn nieuwe proeven genomen in dezelfde configuratie.

In fig 8 is een opname afgedrukt die bij de proef van 18 november 1987 opgenomen is.

Na deze proeven is een camera van SONY type AVC-D5CE met vaste integratietijd van 20 ms aangeschaft om te zien of op eenvoudige wijze de integratietijd te beïnvloeden was.

Dit bleek niet mogelijk.

Aangezien deze camera van het 50 Hz type is, werd een verbeterde uitvoering van de framegrabber gebruikt, de PCVISION PLUS van DIFA MEASURING SYSTEMS die voor 50 Hz geschikt is en met verbeterde eigenschappen t.a.v. de beeldbewerking en de beeldopslag.

Met de genoemde camera is een opname van een testbeeld gemaakt in een donkere omgeving (fig 4), waarbij de flitsduur $1 \mu\text{s}$ bedroeg en de belichtingstijd 20 ms.

Op 4 maart 1988 werden ook met deze camera opnamen gemaakt onder dezelfde omstandigheden als tijdens de proeven met de FAIRCHILD camera.

De gebruikte 'framegrabber' was de PCVISIONplus

Een van die opnamen is in fig 9 afgedrukt.

Bij de in dit hoofdstuk genoemde proeven met de Fairchild en de Sony camera werd een lens van SOM BERTHIOU PARIS no. A52485 gebruikt met een brandpuntsafstand van 25 mm en een lichtsterkte van 1 : 1.9.

In 1991 is een tweede PCVISIONplus framegrabber aangeschaft die in dezelfde computer werd geplaatst.

Dit bood de mogelijkheid om de besturingssoftware simpel te houden en een praktijkproef met twee camera's te nemen.

De te gebruiken TV systemen waren een CCD camera met beeldversterker en conische fiber als eerste camera en een FT camera met een integratietijd van $100 \mu\text{s}$ als tweede camera.

Deze systemen waren in de praktijk nog niet beproefd.

De proef werd op 26 september 1991 gehouden op het strand bij Petten.

De camera systemen werden op een afstand van 4.5 m van elkaar opgesteld.

De afstand camera - projectielbaan was 2 m.

Achter de projectielbaan was tegenover elke camera een mat zwart gespoten scherm van 1.20 m x 1.20 m opgesteld om een egale achtergrond te verkrijgen.

Uit deze proef is gebleken dat de FT camera niet voldoet omdat vooral bij wat hogere waarden van het omgevingslicht (ca. 10 Klux), de opname praktisch geheel teniet gedaan wordt door het omgevingslicht.

Het systeem met de FAIRCHILD camera, conische fiber en beeldversterker voldoet goed.

De afdruk van een opname uit deze proef met laatstgenoemd systeem is in fig. 10 weergegeven.

De kwaliteit van opnamen met dit laatste systeem kan nog worden verbeterd door een andere positie van de flitsbron te kiezen en tevens de verlichting door de flitsbron meer diffuus te maken.

7

CONCLUSIE

Het is goed uitvoerbaar om rondom-fotografie toe te passen van projectielen in de vlucht.
In dit rapport wordt geen aanbeveling gedaan ten aanzien van de te gebruiken methode.
Er zijn een aantal systemen met hun voor- en nadelen beschreven waaruit een keuze gemaakt kan worden voor de realisatie van een eventueel samen te stellen en in gebruik te nemen systeem.
Aan het begin van dit rapport is de normale fotografie m.b.v. fotopapier ter sprake geweest maar is verder niet behandeld.
Uiteraard is het mogelijk om ook deze techniek in de rondom-fotografie van projectielen toe te passen.



Ir. A.W.M. van der Voort
(projectleider)



J. van der Haven
(auteur)

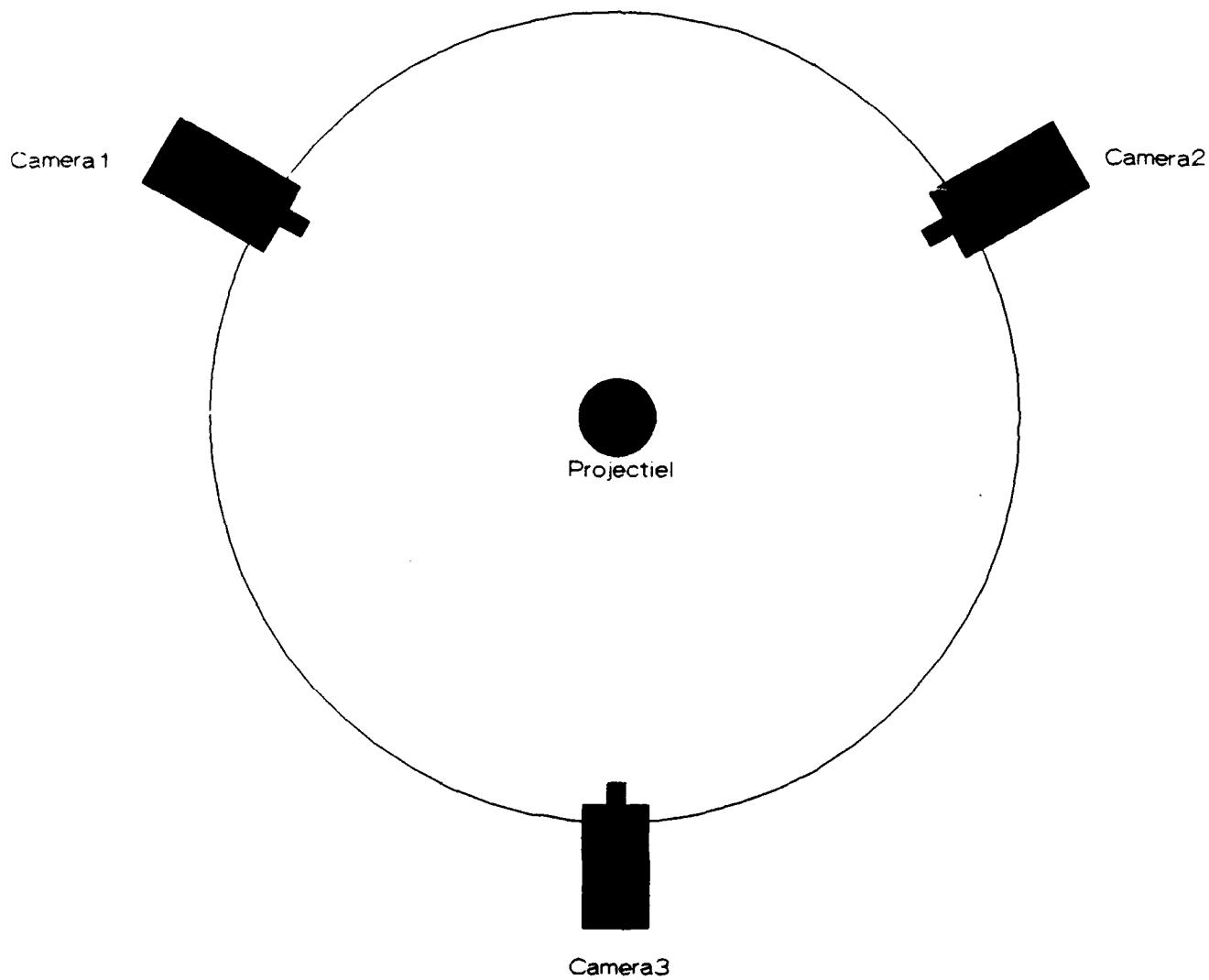


Fig 1: Opstelling van de camera's voor het maken van drie opnamen op één moment.

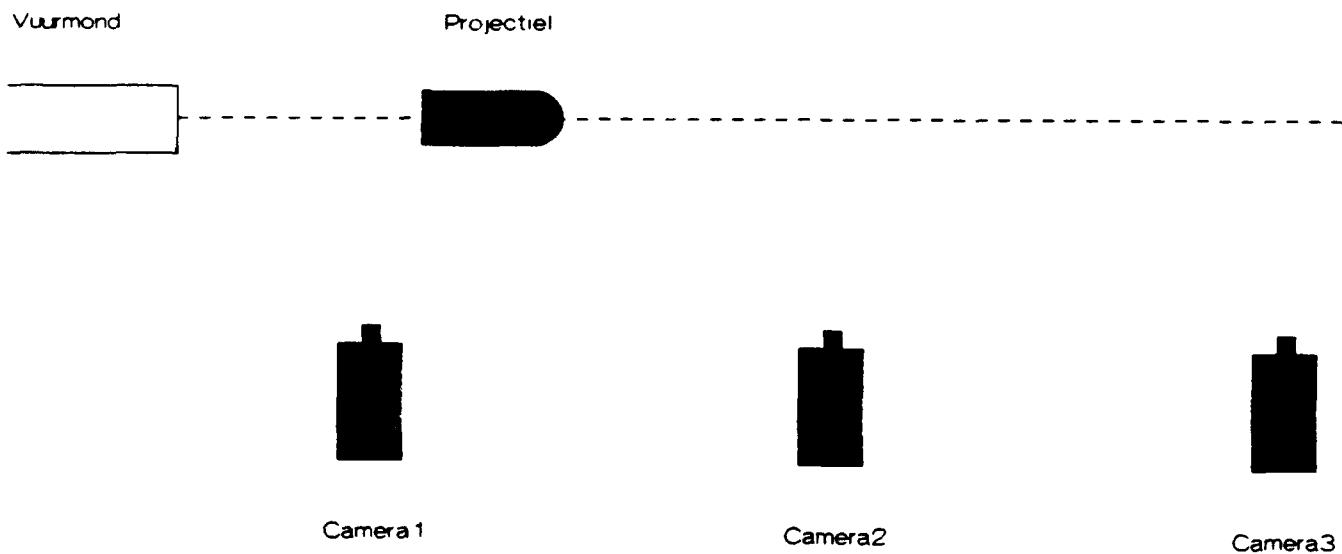


Fig 2: Opstelling van de camera's voor het maken van drie opnamen van een projectiel waarbij gebruik gemaakt wordt van de rotatie van het projectiel.

IMAGE PROCESSED BY PHYSICS LABORATORY TNO DATE: 12/01/83

TEST BEELD 2

TEST 2

GREYSCALE

160

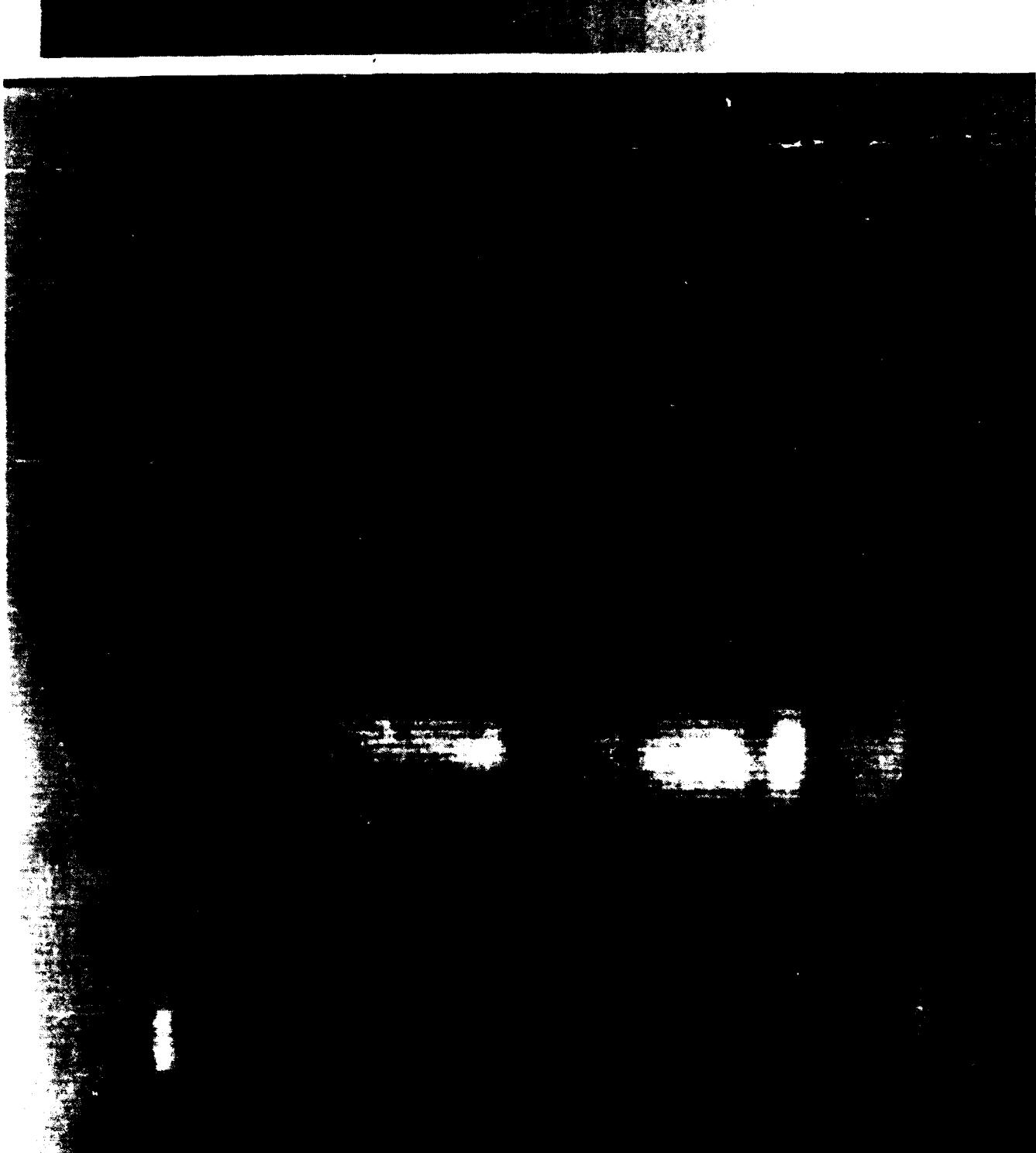


Fig 3: Afdruk van een opname, genomen tijdens de eerste proefneming in 1983 met een CCD camera van
GENERAL ELECTRIC type CID TN 2500.

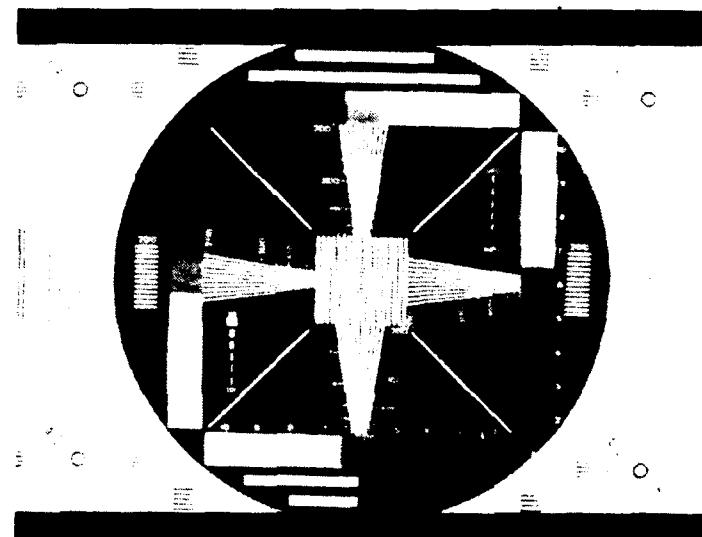


Fig 4: Bovenstaande foto is opgenomen met een SONY AVC-D5VE camera.
De belichtingstijd was 20 ms en de flitsduur 1 μ s.
Diafragma 5.6 .

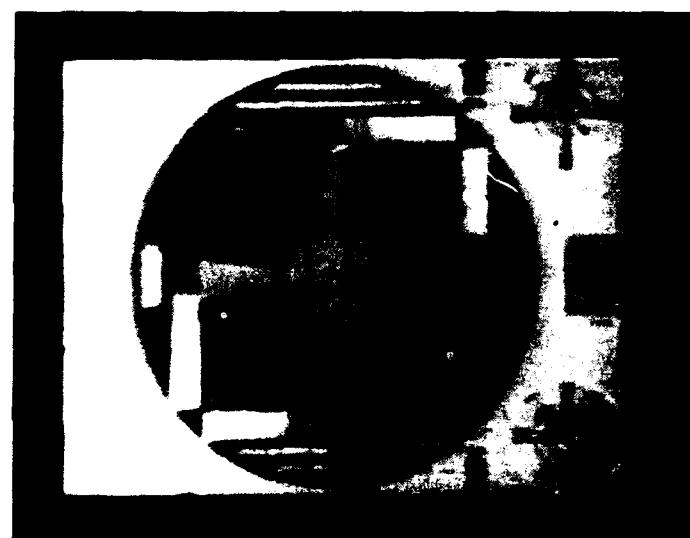


Fig 5: Deze foto is opgenomen met een FAIRCHILD 3000 camera met fiberstud en een beeldversterker met een oppervlakte van 98 mm², even groot als de oppervlakte van de CCD chip.
Belichtingstijd: 1 μ s. Diafragma niet van invloed.

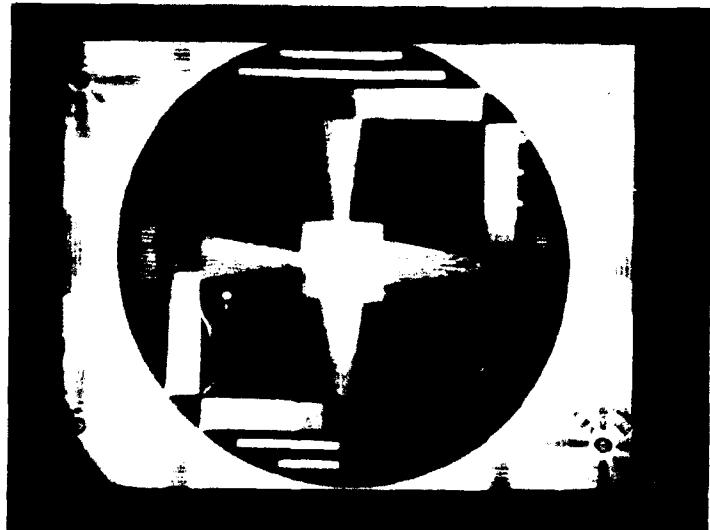


Fig 6: Opname van een testbeeld, opgenomen met een FAIRCHILD 3000 camera met beeldversterker, conische fiber en flitsser.
Openingstijd beeldversterker: 1 μ s. Flitsduur 1 μ s.

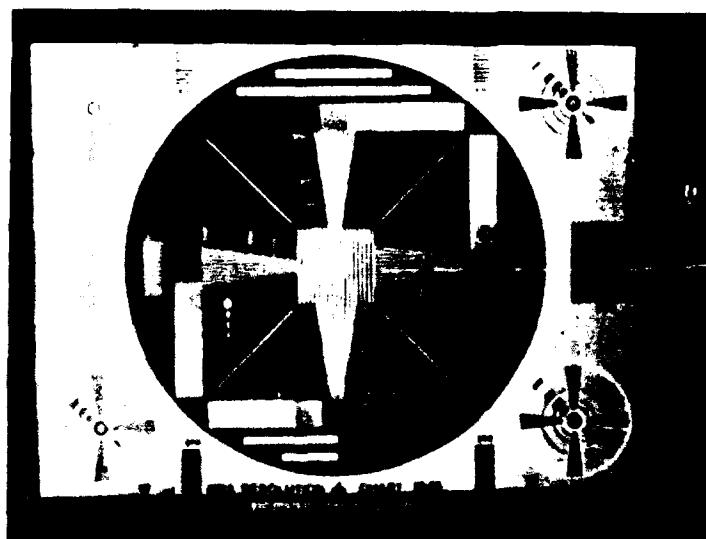


Fig 7: Opname van een testbeeld, gemaakt met een frame transfer camera van EEV.
Belichtingstijd: 100 μ s. Flitsduur: 1 μ s.

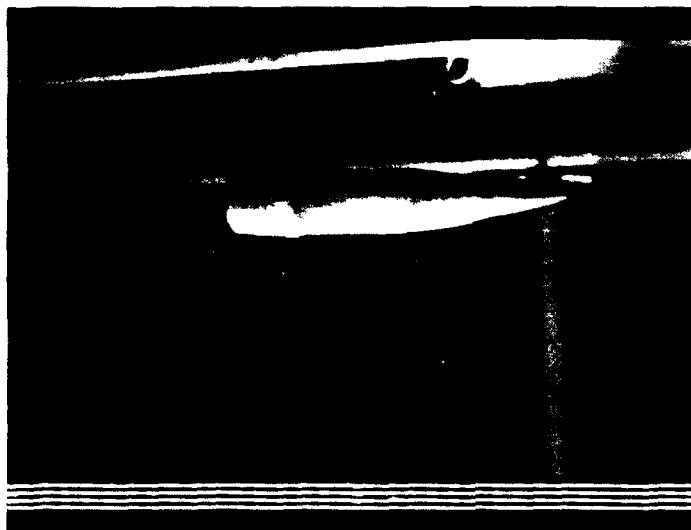


Fig 8: De opname in fig 8 is opgenomen in een verduisterde omgeving (tent) met een FAIRCHILD 3000 camera.
Flitsduur 1 μ s. Belichtingstijd 20 ms.
Projectielsnelheid ca. 500 m/s.

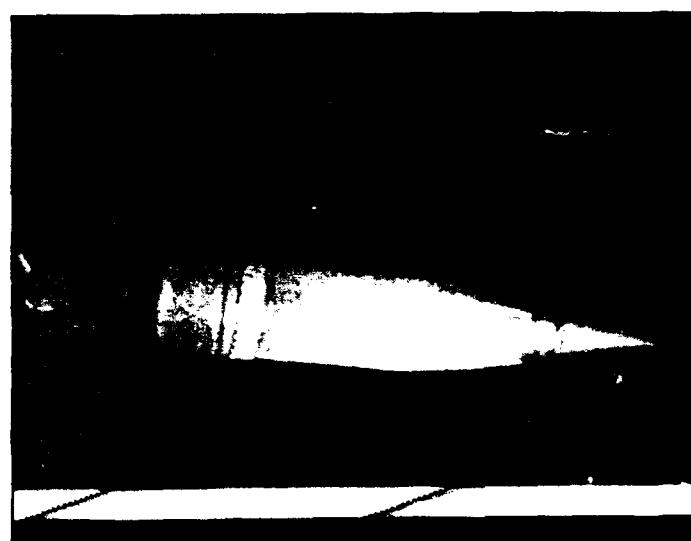


Fig 9: Een afbeelding van een opname onder dezelfde condities als in fig 8, maar gemaakt met een SONY AVC-D5CE camera. Projectielsnelheid eveneens ca. 500 m/s.

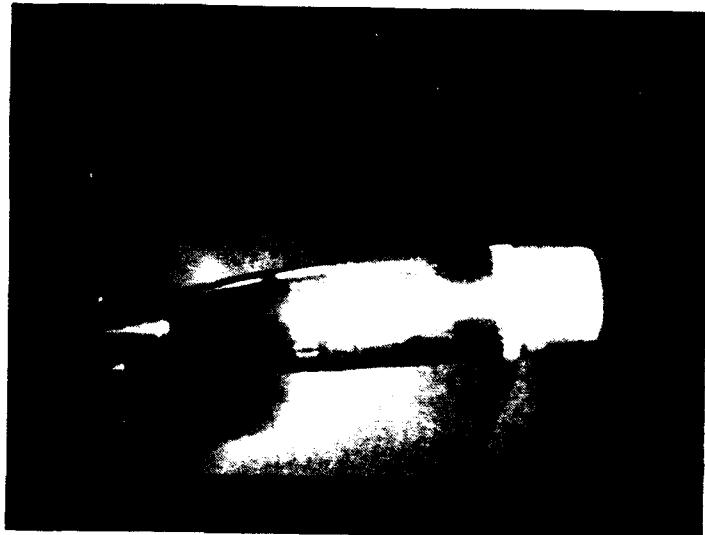


Fig 10: Bovenstaande foto werd opgenomen met een FAIRCHILD 3000 camera met beeldversterker en conische fiber.
Openingstijd beeldversterker: 1 μ s. Flitsduur: 1 μ s.
Profectielsnelheid: ca. 500 m/s.
Waarde van het omgevingslicht: 10000 lux.

UNCLASSIFIED

REPORT DOCUMENTATION PAGE

(MOD-NL)

1. DEFENSE REPORT NUMBER (MOD-NL)	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER
TD91-3892	—	FEL-91-A080
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO.	5. CONTRACT NUMBER	6. REPORT DATE
20356	A86KL100	DECEMBER 1991
7. NUMBER OF PAGES	8. NUMBER OF REFERENCES	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED
28 (INCL. RDP & 1 APPENDIX, EXCL. DISTRIBUTION LIST)	-	FINAL REPORT
10. TITLE AND SUBTITLE PROJECTIEL FOTOGRAFIE (PROJECTILE PHOTOGRAPHY)		
11. AUTHOR(S) J. VAN DER HAVEN		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO PHYSICS AND ELECTRONICS LABORATORY, P.O. BOX 96864, 2509 JG THE HAGUE OUDE WAALSDORPERWEG 63, THE HAGUE, THE NETHERLANDS		
13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) DMKL-CVP-AB, F. JONKER		
14. SUPPLEMENTARY NOTES		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 POSITIONS) IN THIS REPORT THE RESULTS HAS BEEN DESCRIBED OF AN INVESTIGATION INTO THE POSSIBILITY TO MAKE PICTURES OF ALL SIDES OF PROJECTILES IN FLIGHT AND TO STORE THESE PICTURES SO THAT AT A LATER TIME A VISUAL CONTROL CAN BE MADE TO FIND POSSIBLE DAMAGES ON THE PROJECTILE. THERE ARE SOME DIFFERENT RECORDING EQUIPMENTS CHECKED OUT ON THEIR USABILITY TO THIS PURPOSE.		
16. DESCRIPTORS PROJECTILES HIGH SPEED PHOTOGRAPHY		IDENTIFIERS IMAGE PROCESSING
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) UNCLASSIFIED	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) UNCLASSIFIED	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) UNCLASSIFIED
18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT UNLIMITED DISTRIBUTION		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) UNCLASSIFIED

UNCLASSIFIED

Distributielijst

1. Hoofddirecteur TNO-Defensieonderzoek
2. Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling
3. HWO-KL
- 4.
- t/m HWO-KLu
- 5.
6. HWO-KM
- 7.
- t/m Hoofd TDCK
- 9.
- 10.
- t/m Hoofd DMKL AB
- 12.
13. Directie FEL-TNO, t.a.v. Ir. P. Spohr
14. Directie FEL-TNO, t.a.v. Dr. J.W. Maas, daarna reserve
15. Archief FEL-TNO, in bruikleen aan Ir. G.H. Heebels
16. Archief FEL-TNO, in bruikleen aan J. v.d. Haven
17. Archief FEL-TNO, in bruikleen aan Ir. A.W.M. v.d. Voort
18. Archief FEL-TNO, in bruikleen aan Ir. A.C. Tuinenburg
19. Archief FEL-TNO, in bruikleen aan H.C.A. Romijn
20. Documentatie FEL-TNO
21. Reserve

Indien binnen de krijgsmacht extra exemplaren van dit rapport worden gewenst door personen of instanties die niet op de verzendlijst voorkomen, dan dienen deze aangevraagd te worden bij het betreffende Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek of, indien het een K-opdracht betreft, bij de Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling.